

Penerapan Metode *Cluster* pada Algoritme Penentuan Moda dan Rute Untuk Meminimasi Biaya Transportasi

Sonna Kristina^{#1}, Wasingten^{#2}

#Program Studi Teknik Industri, Institut Teknologi Harapan Bangsa

Jl. Dipatiukur No. 80-84 Bandung, Indonesia

¹sonna@ithb.ac.id

²wasmuliawan@gmail.com

Abstract— Transportation cost is a cost that used for transporting product to consumer. One of the ways to reduce transportation cost is to determine the route and minimizing the vehicle usage. To make it easier for driver when deliver the product to customer, the customers are divided into several areas. A general method to assign customer into an area is called clustering method. In the previous research, area of the customer was divided with rayon system. In this research, clustering method will be applied to give a solution to replace rayon system. This research focus on agglomerative hierarchical clustering with clustering nearest neighbor and furthest neighbor method. Clustering will be performed by using a program called IBM SPSS Statistics 22 to generate an amount of cluster based on clustering method used in this research. The previous research that use rayon system with eight cluster, has a total transportation cost at Rp661.227. Whilst the result in this research using clustering nearest neighbor will generate seven cluster with total transportation cost at Rp594.635 (total cost has decreased by 10,07%). While using clustering furthest neighbor will generate two cluster with total transportation cost at Rp571.722 (total cost has decreased by 13,54%). The result of this research show that furthest neighbor method is the best method compare to nearest neighbor method and rayon system.

Keywords— clustering, agglomerative, hierarchical clustering, SPSS, transportation cost

Abstrak—Biaya transportasi merupakan biaya yang digunakan untuk mengirimkan produk kepada konsumen. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menurunkan biaya transportasi adalah dengan penentuan rute dan minimasi moda transportasi yang digunakan. Untuk memudahkan penugasan dalam melakukan pengiriman kepada konsumen, maka konsumen dibagi menjadi beberapa daerah. Metode yang paling umum untuk digunakan untuk membagi daerah tersebut adalah metode *clustering*. Pada penelitian sebelumnya, pembagian daerah konsumen menggunakan sistem rayon. Pada penelitian ini, metode *clustering* akan diterapkan untuk memberikan solusi terhadap pembagian daerah menggantikan sistem rayon. Penelitian ini berfokus pada *agglomerative hierarchical clustering*, dengan metode *clustering* yang digunakan adalah *nearest neighbor* dan *furthest neighbor*. *Clustering* akan dilakukan dengan menggunakan program IBM SPSS Statistics 22 untuk memberikan jumlah *cluster* berdasarkan metode *clustering* yang digunakan. Penelitian sebelumnya dengan menggunakan sistem rayon berjumlah delapan *cluster*, hasil total biaya transportasi sebesar Rp661.227. Hasil penelitian dengan

menggunakan metode *clustering nearest neighbor* akan membentuk tujuh *cluster*, dengan total biaya transportasi Rp594.635 atau penurunan sebesar 10,07%, sedangkan dengan menggunakan *clustering furthest neighbor*, akan terbentuk dua *cluster* dengan total biaya transportasi Rp571.722 atau penurunan sebesar 13,54%. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan metode *clustering furthest neighbor* memiliki hasil yang terbaik dibandingkan dengan metode *clustering nearest neighbor* dan sistem rayon.

Kata Kunci—*clustering, agglomerative, hierarchical clustering, SPSS, biaya transportasi*

I. PENDAHULUAN

Harga penjualan suatu produk dipengaruhi oleh berbagai factor. Salah satu faktor yang mempengaruhi harga penjualan suatu produk adalah biaya transportasi. Biaya transportasi merupakan biaya yang digunakan untuk mengirimkan produk kepada konsumen. Tingginya aktivitas pengiriman produk yang dilakukan merupakan suatu tantangan yang dihadapi oleh perusahaan untuk dapat meminimalkan biaya transportasi.

Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk menurunkan biaya transportasi adalah melalui penentuan rute dan minimasi jumlah moda transportasi yang digunakan. Penentuan rute digunakan untuk meminimasi total jarak tempuh yang dilalui oleh kendaraan. Moda transportasi memiliki konsumsi bahan bakar yang berbeda, sehingga moda yang digunakan untuk melakukan pengiriman akan memiliki pengaruh terhadap biaya transportasi.

Penelitian ini didasarkan pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Liliani [1]. Penelitian tersebut membahas mengenai penentuan moda dan rute transportasi. Metode yang digunakan adalah algoritme penentuan moda dan rute. Algoritme penentuan moda dan rute menggunakan data berupa jarak antar toko, *cluster* toko, dan jumlah volume pengiriman barang dalam setiap *cluster*.

Pada penelitian Liliani [1], pengelompokan toko dilakukan dengan menggunakan sistem rayon yang ditetapkan oleh perusahaan (lihat Gambar 1). Sistem rayon bersifat tetap dan tidak menyesuaikan jumlah pengiriman yang dilakukan setiap harinya. Permintaan yang didapatkan oleh perusahaan berbeda-beda setiap harinya. Perbedaan permintaan tersebut menyebabkan adanya perubahan permintaan setiap harinya,



Gambar 1 Pembagian *cluster* konsumen berdasarkan sistem rayon

sehingga penggunaan sistem rayon yang bersifat tetap menjadi kurang baik untuk diterapkan.

Pengembangan penelitian yang dilakukan berfokus pada perbaikan sistem rayon dengan menggunakan metode *clustering*. Metode *clustering* digunakan dengan tujuan untuk mengelompokkan setiap objek yang memiliki karakteristik yang mirip ke dalam satu *cluster*. Metode yang digunakan adalah *clustering nearest neighbor* dan *furthest neighbor*. Kedua metode dipilih karena metode *clustering nearest* dan *furthest neighbor* merupakan metode *clustering* terbaik pada penelitian Marpaung [2].

Penelitian ini akan memberikan hasil pengaruh *clustering* dalam algoritme penentuan moda dan rute untuk meminimasi biaya transportasi. Akan dilakukan juga perbandingan hasil penentuan rute serta total biaya transportasi dengan menggunakan metode *clustering* dan sistem rayon yang digunakan oleh perusahaan.

II. KONTEN UTAMA

A. Dasar Teori

1) Travelling Salesman Problem (TSP)

TSP merupakan suatu permasalahan optimasi pencarian rute terpendek yang dapat dilalui oleh *salesman* ketika ingin mengunjungi sejumlah kota sebanyak satu kali [3]. Tujuan dari TSP adalah untuk meminimumkan biaya operasional yang dikeluarkan oleh perusahaan dan menentukan rute perjalanan yang *feasible*, sehingga jarak tempuh yang dilalui merupakan jarak minimum [4]. Secara matematis TSP dimodelkan sebagai berikut [5]:

Keterangan notasi:

c_{ij} = biaya transportasi dari sumber i ke tujuan j .

N = himpunan node yang menunjukkan lokasi kota.

Variabel keputusan:

X_{ij} adalah bilangan biner yang menyatakan status sebagai berikut:

$$X_{ij} \begin{cases} 1 & \text{jika terjadi perjalanan dari } i \text{ ke } j \\ 0 & \text{jika sebaliknya} \end{cases}$$

Fungsi tujuan:

$$\text{Min } z = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0, j \neq i}^n c_{ij} X_{ij} \quad (1)$$

Batasan:

$$\sum_{i=0}^n X_{ij} = 1 \quad j = 0, \dots, n \quad (2)$$

$$\sum_{j=0}^n X_{ij} = 1 \quad i = 0, \dots, n \quad (3)$$

$$X_{ij} \in \{0,1\} \quad \forall (i,j) \in N \quad (4)$$

Batasan (1) dan (2) menunjukkan bahwa *salesman* mengunjungi satu kota tepat satu kali. Batasan (4) menunjukkan bahwa variabel keputusan merupakan bilangan biner.

Terdapat beberapa metode yang dapat digunakan untuk menyelesaikan TSP, yaitu algoritme *ant bee colony*, algoritme genetika, algoritme *greedy* dan *cheapest insertion heuristic* [3].

2) Algoritme Greedy

Algoritme *greedy* merupakan salah satu metode yang paling sering digunakan untuk memecahkan masalah optimasi. Algoritme *greedy* membentuk solusi langkah per langkah. Pada setiap langkahnya terdapat berbagai kemungkinan, langkah yang diambil adalah yang paling menguntungkan pada keadaan sekarang [6]. Algoritme *greedy* memberikan alternatif optimal lokal dengan harapan setiap langkah yang dilakukan akan menghasilkan solusi alternatif optimal global. Algoritme *greedy* dapat menyelesaikan permasalahan TSP dengan menghitung nilai lokal optimal setiap mengunjungi kota dan mendapatkan nilai optimasi global pada akhir perjalanan [7].

Permasalahan optimasi algoritme *greedy* disusun oleh beberapa komponen [7], yaitu:

1. Himpunan kandidat (C)
2. Himpunan solusi (S)
3. Fungsi seleksi
4. Fungsi kelayakan
5. Fungsi tujuan

3) Vehicle Routing Problem (VRP)

VRP berkaitan dengan penentuan rute optimal untuk permasalahan yang melibatkan lebih dari satu kendaraan dengan kapasitas tertentu, untuk melayani sejumlah konsumen sesuai dengan permintaan masing-masing. Dalam permasalahan VRP, setiap kota diasumsikan sebagai lokasi konsumen dan setiap kendaraan yang digunakan memiliki kapasitas tertentu [8]. Dalam kasus VRP, batasan yang paling sering diberikan merupakan batasan kapasitas dan jendela waktu (*time windows*). Permasalahan yang berhubungan dengan kapasitas dikenal dengan nama *capacitated vehicle routing problem (CVRP)*, sedangkan permasalahan yang berhubungan dengan jendela waktu dikenal dengan nama *vehicle routing problem with time windows (VRPTW)* [2].

CVRP biasanya digambarkan dalam grafik $G = (N, E)$ dan serangkaian kendaraan $V = \{v_1, \dots, v_t\}$ dengan t merupakan jumlah kendaraan. Grafik G terdiri dari node $N = \{n_0, n_1, \dots, n_k\}$ di mana n_0 merupakan depot dan N

merupakan k pelanggan yang harus dilayani dan $E = \{(i, j); i, j \in N, i \neq j\}$ menunjukkan himpunan *arc*. Setiap kendaraan yang melayani pelanggan akan memulai perjalanan dari depot dan kembali lagi ke depot. CVRP memiliki beberapa tujuan sesuai dengan kebutuhan pengguna, antara lain meminimumkan total biaya transportasi, meminimumkan total jarak yang ditempuh oleh kendaraan, atau meminimumkan jumlah kendaraan yang akan digunakan [2].

Secara umum formulasi CVRP [9] adalah sebagai berikut:

Keterangan notasi:

V = himpunan kendaraan

N = himpunan konsumen

c_{ij} = biaya perjalanan dari sumber i ke tujuan j

p_i = jumlah permintaan konsumen pada sumber i

q_k = kapasitas kendaraan k

Variabel keputusan:

X_{ij} = bilangan biner yang menyatakan status sebagai berikut:

$$X_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{jika terjadi perjalanan dari } i \text{ ke } j \\ 0 & \text{jika sebaliknya} \end{cases}$$

Fungsi tujuan:

$$\text{Min } z = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0, j \neq i}^n \sum_{k=1}^v c_{ij} X_{ij} \quad (5)$$

Batasan:

$$\sum_{k=1}^v \sum_{j=1}^n X_{ijk} = 1, \forall i \in N \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^n p_i \sum_{j=1}^n X_{ijk} \leq q_k, \forall k \in V \quad (7)$$

$$\sum_{j=1}^n X_{0jk} = 1, \forall k \in V \quad (8)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{ihk} - \sum_{j=1}^n X_{hjk} = 0, \forall h \in N, \forall k \in V \quad (9)$$

$$\sum_{i=1}^n X_{i0k} = 1, \forall k \in V \quad (10)$$

$$X_{ijk} \in \{0, 1\} \forall (i, j) \in N \forall k \in V \quad (11)$$

Batasan (6) digunakan untuk memastikan bahwa setiap konsumen hanya dikunjungi tepat satu kali oleh satu kendaraan. Batasan (7) memastikan jumlah total permintaan dalam satu rute tidak melebihi kapasitas kendaraan. Batasan (8) dan (10) memastikan agar perjalanan dimulai dan berakhir di depot. Batasan (9) memastikan setiap konsumen hanya dikunjungi sebanyak satu kali. Batasan (11) menunjukkan bahwa variabel keputusan merupakan bilangan biner.

4) Metode Clustering

Analisis *cluster* merupakan salah satu teknik dalam analisis statistik multivariat yang mempunyai tujuan utama

mengelompokkan objek-objek pengamatan menjadi beberapa kelompok berdasarkan karakteristik yang dimilikinya [13]. Metode *clustering* dapat dibagi menjadi dua, yaitu metode hirarkis dan non-hirarkis. Metode hirarkis menggabungkan setiap objek ke dalam *cluster* yang memiliki karakteristik yang mirip. Proses penggabungan objek dilakukan dengan tahap yang berurutan dan bersifat *irreversible*. Metode non-hirarkis dimulai dengan menentukan jumlah *cluster* yang diinginkan, setelah itu setiap objek akan dimasukkan ke dalam *cluster* yang telah dibuat [14].

Metode hirarkis secara garis besar dibagi menjadi dua, yaitu *agglomerative hierarchical clustering* dan *divisive hierarchical clustering*. *Agglomerative hierarchical clustering* membangun *cluster* secara *top-down*, sedangkan *divisive hierarchical clustering* membangun *cluster* secara *bottom-up*. Pada penelitian ini, metode *clustering* yang digunakan adalah *agglomerative hierarchical clustering*.

Metode yang digunakan adalah *single-linkage clustering* dan *complete-linkage clustering*. *Single-linkage clustering* dikenal dengan nama *nearest neighbour*, pada metode ini jarak yang merepresentasikan diri terhadap data lainnya adalah jarak terkecil dari data yang berada di dalam *cluster*, yaitu:

$$d_{s \rightarrow (i,j)} = \min \left[(d_{s \rightarrow i}), (d_{s \rightarrow j}) \right] \quad (12)$$

Complete-linkage clustering dikenal dengan nama *furthest neighbour*. Pada metode ini, jarak yang merepresentasikan diri terhadap data lainnya adalah jarak terbesar dari data yang berada di dalam *cluster*, yaitu:

$$d_{s \rightarrow (i,j)} = \max \left[(d_{s \rightarrow i}), (d_{s \rightarrow j}) \right] \quad (13)$$

B. Metodologi Penelitian

1) Metode Clustering

Proses penelitian diawali dengan studi awal, yaitu mengumpulkan sejumlah data terkait dengan masalah penelitian, seperti penyelesaian TSP dan *capacitated vehicle routing problem* (CVRP), berbagai metode *clustering*, serta mempelajari masalah yang terjadi pada penelitian [1] mengenai biaya transportasi. Setelah masalah ditemukan, maka masalah tersebut akan dirumuskan ke dalam perumusan masalah, menentukan tujuan penelitian, manfaat penelitian dan batasan masalah. Setelah itu, dilakukan studi literatur untuk mempelajari dasar dari teori yang digunakan. Studi literatur dari penelitian ini didapatkan dari buku (*e-book*) dan jurnal mengenai permasalahan transportasi, *travelling salesman problem*, CVRP, dan metode *clustering*. Setelah mempelajari dasar teori, akan dikumpulkan data yang dibutuhkan untuk melakukan penelitian ini. Data yang dibutuhkan diambil dari penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh [1], yaitu *cluster* toko dengan sistem rayon, alamat toko untuk menentukan titik dan jarak, laporan penjualan bulan Januari 2017, algoritme penentuan moda dan rute, serta jenis, jumlah, dan kapasitas moda transportasi yang dimiliki oleh perusahaan.

Dari seluruh data yang telah dikumpulkan, akan diolah sampai memperoleh matriks jarak secara keseluruhan, volume pengiriman per hari untuk setiap toko, dan akan ditentukan *cluster* toko yang baru dengan metode *clustering nearest* dan *furthest neighbor*. Pengolahan data akan dibagi menjadi tiga tahapan. Tahap pertama adalah melakukan pengelompokan toko yang baru dengan menggunakan metode *clustering nearest neighbor* dan *furthest neighbor*. Tahap kedua adalah menentukan moda transportasi yang akan digunakan untuk melakukan pengiriman. Tahap ketiga adalah menentukan rute dari setiap moda dengan menggunakan algoritme *greedy*.

Penelitian ini akan memberikan hasil berupa pengaruh metode *clustering* dalam algoritme penentuan moda dan rute, serta perbandingan biaya total transportasi dengan menggunakan menggunakan metode *clustering* dan sistem rayon. Pada akhir penelitian, akan diberikan kesimpulan yang ditarik dari hasil pengolahan data dan analisis yang telah dilakukan, serta saran untuk perusahaan dan penelitian selanjutnya.

2) Algoritme Penentuan Moda dan Rute

Perhitungan total biaya transportasi dilakukan dengan menggunakan algoritme penentuan moda dan rute yang terdapat pada penelitian sebelumnya. Penggunaan algoritme yang sama bertujuan untuk memberikan hasil pengaruh metode *clustering* dibandingkan dengan sistem rayon. Perusahaan memiliki dua jenis moda transportasi, yaitu sepeda motor dan mobil *box*. Kendaraan sepeda motor memiliki kapasitas pengiriman sebesar 162.196 cm³, dengan jumlah sebanyak empat unit dan jarak tempuh 28 km/liter. Kendaraan mobil *box* memiliki kapasitas pengiriman sebesar 1.135.392 cm³, dengan jumlah sebanyak dua unit dan jarak tempuh 8 km/liter. Biaya bahan bakar untuk setiap kendaraan menggunakan *Pertalite* dengan harga Rp7.500/liter.

Algoritme penentuan moda dan rute dibuat berdasarkan model CVRP dan algoritme *greedy* dalam penentuan rute. Model matematis dari algoritme penentuan moda dan rute adalah sebagai berikut:

Keterangan notasi:

d_{ij} = jarak pengiriman dari sumber i ke tujuan j (km)

H = harga bahan bakar kendaraan (Rp/liter)

BK_k = konsumsi bahan bakar kendaraan k (km/liter)

p_i = permintaan konsumen pada sumber i

M = big M

U_k = batas atas dari kapasitas kendaraan k , dengan batas atas masing-masing kendaraan adalah sebagai berikut:

$$X_{ij} \begin{cases} 1 & \text{memiliki batas atas kapasitas sebesar } 162.196 \text{ cm}^3 \\ 2 & \text{memiliki batas bawah kapasitas sebesar } 1.135.392 \text{ cm}^3 \end{cases}$$

L_k = batas bawah dari kapasitas kendaraan k , dengan batas bawah masing-masing kendaraan adalah sebagai berikut:

$$X_{ij} \begin{cases} 1 & \text{memiliki batas atas kapasitas sebesar } 0 \text{ cm}^3 \\ 2 & \text{memiliki batas bawah kapasitas sebesar } 162.197 \text{ cm}^3 \end{cases}$$

Variabel keputusan:

X_{ijk} = bilangan biner yang digunakan untuk menyatakan status sebagai berikut:

$$X_{ij} \begin{cases} 1 & \text{jika kendaraan } k \text{ melalui rute } i \text{ ke } j \\ 0 & \text{jika sebaliknya} \end{cases}$$

Fungsi tujuan:

$$\text{Min } z = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1, j \neq i}^n \sum_{k=1}^v \frac{d_{ij} X_{ijk}}{BK_k}, H \quad (14)$$

Batasan:

$$\sum_{k=1}^v \sum_{j=1}^n X_{ijk} = 1, \forall i \in N \quad (15)$$

$$\sum_{i=1}^n p_i \sum_{j=1}^n X_{ijk} \leq q_k, \forall k \in V \quad (16)$$

$$\sum_{j=2}^n X_{1jk} = 1, \forall k \in V \quad (17)$$

$$\sum_{j=2}^n X_{ijk} = 1, \forall k \in V \quad (18)$$

$$\sum_{i=1}^n p_i \leq U_k + M(1 - X_{ijk}), \forall k \in V, \forall j \in N \quad (19)$$

$$\sum_{i=1}^n p_i \leq L_k - M(1 - X_{ijk}), \forall k \in V, \forall j \in N \quad (20)$$

$$X_{ijk} \in \{0, 1\} \forall (i, j) \in N \forall k \in V \quad (21)$$

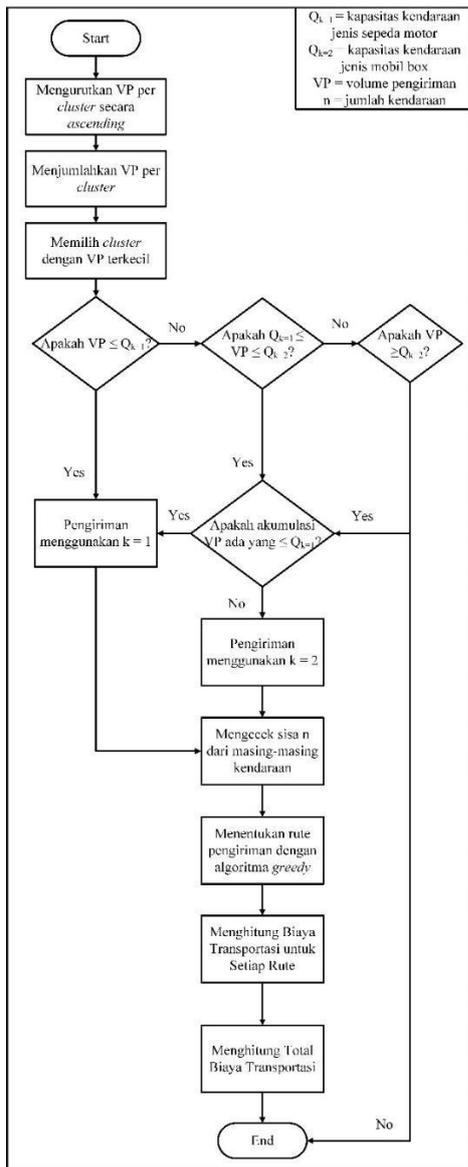
Fungsi tujuan (14) digunakan untuk meminimasi total biaya transportasi. Batasan (15) digunakan untuk memastikan bahwa setiap konsumen hanya dikunjungi sebanyak satu kali oleh tepat satu kendaraan. Batasan (16) memastikan jumlah permintaan konsumen dalam satu rute tidak melebihi kapasitas kendaraan. Batasan (17) dan (18) untuk memastikan kendaraan memulai dan mengakhiri perjalanan di depot. Batasan (19) dan (20) memastikan agar pengiriman dilakukan jika akumulasi permintaan kurang dari batas atas kapasitas kendaraan dan lebih dari batas bawah kapasitas kendaraan. Batasan (21) menunjukkan bahwa variabel keputusan merupakan bilangan biner.

Berdasarkan fungsi tujuan dan batasan tersebut, maka algoritme penentuan moda dan rute digambarkan dalam *flowchart* pada Gambar 2 dengan urutan sebagai berikut:

1. Mengurutkan dan menjumlahkan volume pengiriman di setiap *cluster* dari yang terkecil sampai yang terbesar.
2. Memilih *cluster* dengan volume pengiriman terkecil.
3. Pada tahap ini, moda yang dipilih harus memenuhi batasan (18) dan batasan (19) yang terdapat dalam model matematis, sehingga pemilihan moda dilakukan dengan cara:

$Q_{k=1}$, berarti kapasitas kendaraan jenis sepeda motor

$Q_{k=2}$, berarti kapasitas kendaraan jenis mobil *box*



Gambar 2 Flowchart algoritme penentuan moda dan rute

- a. Jika volume pengiriman $\leq Q_{k=1}$, maka pengiriman dilakukan dengan kendaraan $k = 1$ dalam satu rute.
- b. Jika $Q_{k=1} \leq$ volume pengiriman $\leq Q_{k=2}$, maka pengiriman ditentukan dengan cara:
 - 1) Jika $Q_{k=1} \leq$ akumulasi volume pengiriman, maka pengiriman akan dilakukan dengan kendaraan $Q_{k=1}$ terlebih dahulu dengan pengiriman tidak dalam satu rute.
 - 2) Jika kapasitas kendaraan $Q_{k=1} \leq$ akumulasi volume pengiriman, maka pengiriman dilakukan menggunakan kendaraan $Q_{k=2}$.
- c. Jika volume pengiriman $> Q_{k=2}$, maka pengiriman akan dilakukan dengan memprioritaskan kendaraan jenis sepeda motor terlebih dahulu, sesuai dengan volume kumulatif yang paling mendekati $Q_{k=1}$. Jika kendaraan jenis sepeda motor telah habis atau

kapasitas tidak mencukupi, maka pengiriman akan dilakukan dengan menggunakan kendaraan jenis mobil box.

4. Tuliskan kendaraan yang masih tersisa.
5. Menghitung jarak dari gudang sampai kembali ke gudang lagi pada satu *cluster* dengan menggunakan algoritme *greedy* menurut Liliani [1], yaitu:

$$T_j = \text{ toko tujuan dengan } j = \{1, 2, 3, \dots, n\}$$

- a. Pilih jarak terkecil dari gudang menuju T_j .
- b. Dari T_j menuju T_{j+1} , pilih jarak terkecil dari.
- c. Ulangi langkah tersebut sampai toko habis.
- d. Dari toko terakhir dalam satu *cluster* akan kembali ke gudang.
- e. Menghitung total jarak tempuh.
6. Menghitung biaya pengiriman dengan persamaan (14).
7. Ulangi tahap dua sampai tahap enam sampai semua *cluster* telah memiliki rute dan biaya pengiriman.
8. Hitung total biaya pengiriman dengan rute dan moda pengiriman yang telah ditentukan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Pengelompokan Toko dengan Metode *Clustering Nearest Neighbor* dan *Furthest Neighbor*

Pengelompokan toko dilakukan dengan menggunakan software *IBM SPSS Statistics 22 (trial version)*. Proses pengelompokan toko dilakukan dengan memilih jarak terkecil yang terdapat pada matriks jarak. Untuk metode *nearest neighbor*, jarak yang akan merepresentasikan diri terhadap *cluster* atau toko lainnya dicari dengan menggunakan persamaan (12), sedangkan untuk metode *furthest neighbor* dicari dengan menggunakan persamaan (13).

Dengan menggunakan *IBM SPSS Statistics 22 (trial version)*, hasil pengolahan data berupa *agglomeration schedule*. Pada *agglomeration schedule*, terdapat tahapan (*stage*) yang memberikan informasi tentang toko yang akan di-*cluster* terlebih dahulu secara bertahap. Selain itu terdapat koefisien yang digunakan untuk menentukan jumlah *cluster* yang terbentuk, dengan cara:

$$L = N - b \tag{22}$$

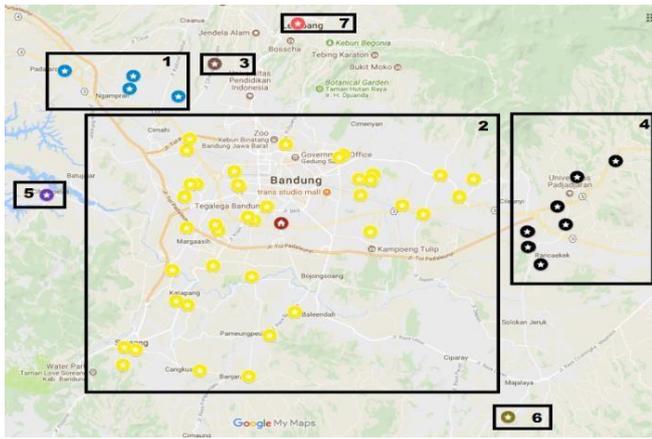
Keterangan:

L = jumlah *cluster* yang terbentuk

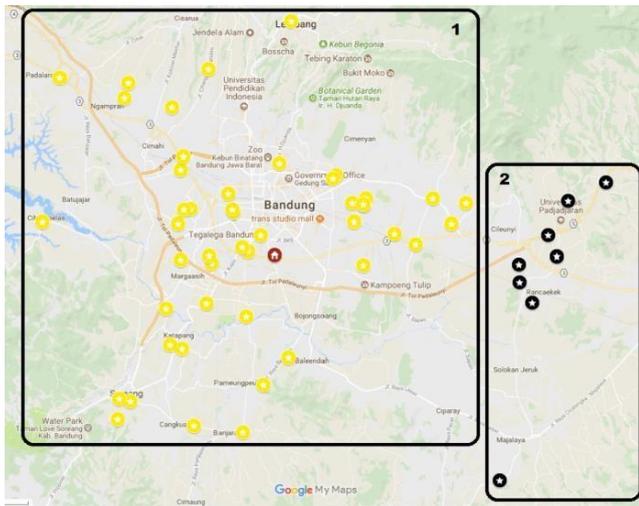
N = jumlah konsumen

b = *stage* sebelum terjadi loncatan koefisien terbesar

Metode *clustering nearest neighbor* menghasilkan *cluster* sebanyak tujuh *cluster*. Pembagian *cluster* dengan metode *nearest neighbor* dapat dilihat pada Gambar 3. Metode *clustering furthest neighbor* menghasilkan *cluster* sebanyak dua *cluster*. Pembagian *cluster* dengan metode *furthest neighbor* dapat dilihat pada Gambar 4. Hasil akhir dari metode *clustering* berupa dendogram yang akan merepresentasikan proses *clustering* yang terjadi dari awal sampai seluruh toko menjadi satu *cluster*. Dendogram untuk



Gambar 3 Pembagian *cluster* toko dengan metode *nearest neighbour*



Gambar 4 Pembagian *cluster* dengan metode *furthest neighbour*

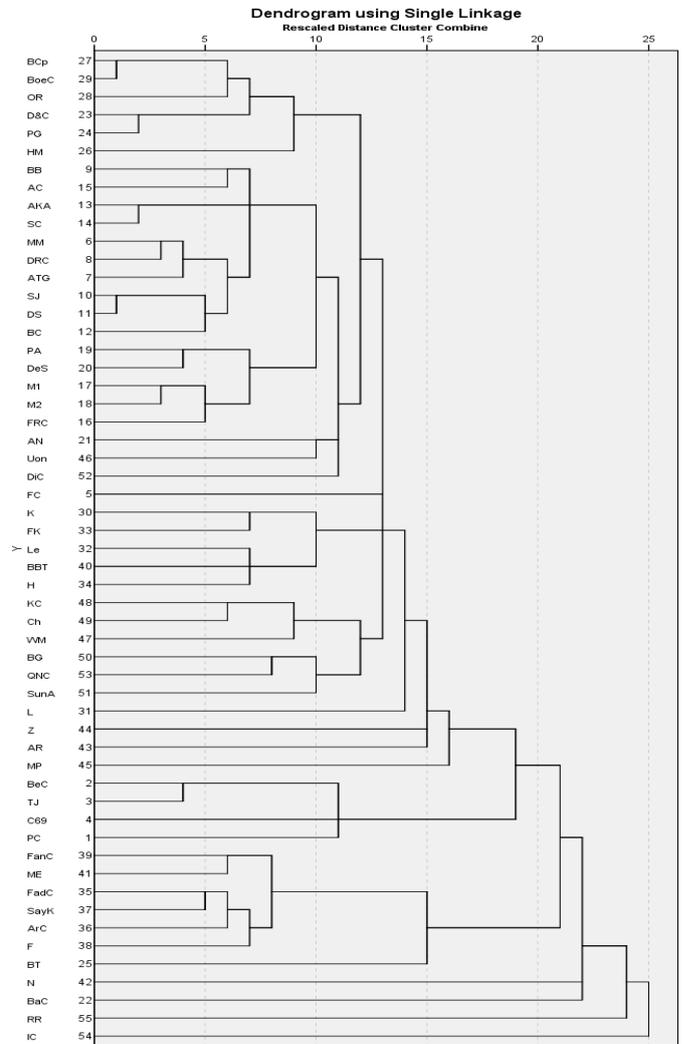
metode *nearest neighbor* dapat dilihat pada Gambar 5 dan dendrogram untuk metode *furthest neighbor* dapat dilihat pada Gambar 6.

B. Perhitungan Total Biaya Transportasi dengan Metode Clustering Nearest Neighbour dan Furthest Neighbour

Perhitungan total biaya transportasi dilakukan dengan algoritme penentuan moda dan rute, seperti pada *flowchart* di dalam Gambar 2. Total biaya transportasi yang dihasilkan dengan metode *clustering nearest neighbor* dan algoritme penentuan moda dan rute adalah sebesar Rp594.365 atau penurunan dibandingkan dengan sistem rayon sebesar 10,07%. Total biaya transportasi yang dihasilkan dengan metode *clustering furthest neighbor* dan algoritme penentuan moda dan rute adalah sebesar Rp571.722, atau menurun dibandingkan dengan sistem rayon sebesar 13,54%.

C. Analisis Metode Clustering

Metode *clustering nearest neighbor* menghasilkan sebanyak tujuh *cluster*. Metode *clustering nearest neighbor* menghasilkan pola memanjang yang terdapat pada satu *cluster* tertentu, sehingga jumlah toko yang berada pada



Gambar 5 Dendrogram dengan metode *nearest neighbour*

cluster lain relatif sedikit, sedangkan metode *furthest neighbor* menghasilkan *cluster* sebanyak dua. Metode ini cenderung menghasilkan *cluster* yang lebih rapat, sehingga pemanfaatan kapasitas kendaraan menjadi lebih tinggi.

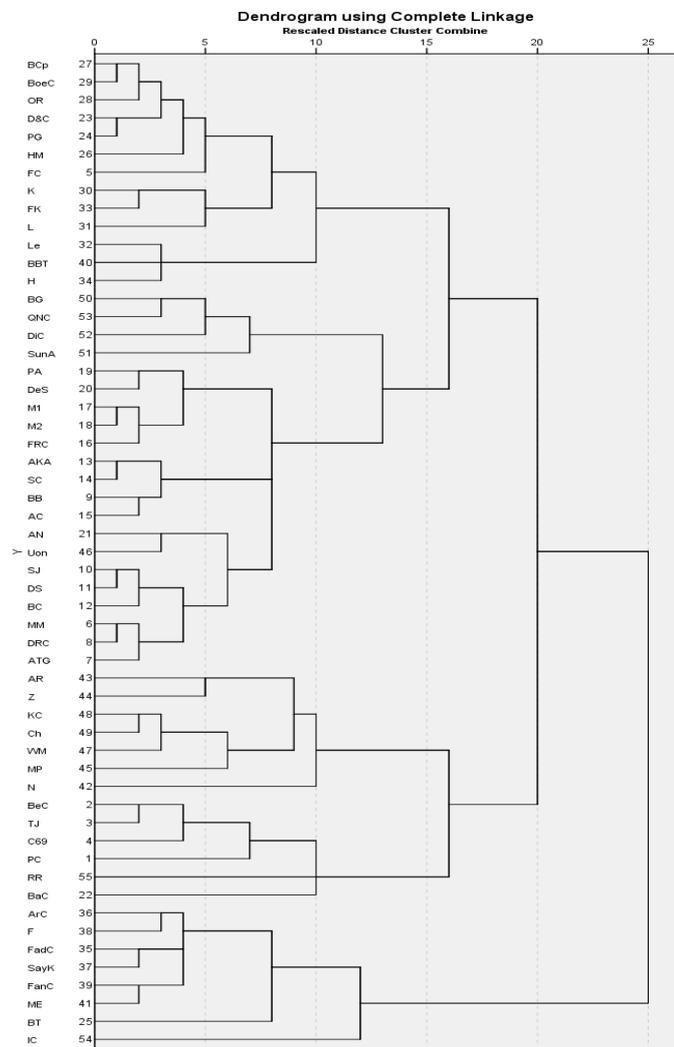
D. Analisis Pengaruh Metode Clustering dalam Algoritme Penentuan Moda dan Rute

Dengan menggunakan pengelompokan data berupa metode *clustering nearest neighbor*, jumlah rute yang terbentuk menjadi sebanyak 51 rute, tetapi terjadi peningkatan total jarak tempuh menjadi 1647,08 km. Hal ini terjadi karena adanya jarak antar toko yang jauh ataupun jarak dari toko terakhir menuju gudang yang jauh. Selain itu, pada *clustering* ini terdapat empat *cluster* yang hanya berisi satu toko saja, sehingga pengiriman menuju toko tersebut harus dilakukan dengan kendaraan yang berbeda. Jika dilihat dari jarak tempuh setiap kendaraan, maka jenis kendaraan mobil *box* mengalami penurunan menjadi 227,1 km. Walaupun jarak tempuh kendaraan sepeda motor meningkat tetapi biaya yang dikeluarkan oleh kendaraan mobil *box* lebih tinggi, jika dibandingkan dengan sepeda motor.

Dengan menggunakan pengelompokan data berupa metode *clustering furthest neighbor*, jumlah rute yang terbentuk menjadi sebanyak 43 rute, dengan total jarak tempuh sebesar 1566,68 km. Total jarak tempuh sepeda motor lebih besar dan total jarak tempuh kendaraan mobil *box* serta secara keseluruhan lebih kecil dibandingkan dengan sistem rayon. Hasil ini membuktikan bahwa metode *clustering* memiliki dampak yang positif terhadap penentuan rute dan penggunaan kendaraan yang lebih baik dibandingkan dengan sistem rayon. Perbandingan pengelompokan data dengan menggunakan metode *clustering* dan sistem rayon dapat dilihat pada Tabel I.

E. Analisis Perbandingan Total Biaya Transportasi dengan Metode *Clustering* dan Sistem Rayon

Dengan menerapkan metode *clustering nearest neighbor* dan menggunakan algoritme penentuan moda dan rute transportasi, maka total biaya transportasi menjadi sebesar Rp594.635. Oleh karena itu, penurunan total biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan adalah sebesar Rp66.529 atau 10,07%.



Gambar 6 Dendrogram dengan metode *furthest neighbour*

Dengan menerapkan metode *clustering furthest neighbor* dan algoritme penentuan moda dan rute transportasi, total biaya transportasi sebesar Rp571.722. Oleh karena itu, penurunan total biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan dengan menambahkan metode *clustering furthest neighbor* sebesar Rp89.505 atau 13,54%.

Dari hasil pengolahan data dalam bagian sebelumnya, dapat dilihat bahwa metode *clustering* yang terbaik untuk PT XYZ dengan jumlah konsumen pada bulan Januari 2017 adalah sebanyak 55 toko. Algoritme penentuan moda dan rute transportasi yang digunakannya adalah metode *clustering furthest neighbor* dengan total biaya transportasi sebesar Rp571.722.

Berdasarkan hasil pengolahan data dan algoritme penentuan moda dan rute memiliki tingkat kecocokan terbaik dengan metode *clustering furthest neighbor*. Mungkin saja terdapat metode *clustering* lain yang dapat meminimumkan total biaya transportasi yang terdapat pada penelitian ini karena pada metode *clustering* tidak ada yang terbaik. Tingkat kecocokan metode tersebut dengan algoritme yang digunakan untuk menentukan moda transportasi dan rute yang akan dilalui memiliki pengaruh yang besar dalam penentuan metode *clustering* terbaik. Hasil total biaya transportasi serta penurunan dan persentase penurunan total biaya transportasi dari sistem rayon, *clustering nearest neighbour*, dan *furthest neighbor* dapat dilihat pada Tabel II.

TABEL I

PERBANDINGAN PENGARUH METODE *CLUSTERING* DALAM ALGORITME PENENTUAN MODA DAN RUTE

No	Metode	Jumlah Rute	Total Jarak (km)	Total Jarak Tempuh Sepeda Motor (km)	Total Jarak Tempuh Mobil (km)
1	Sistem Rayon	55	1647.08	1318,48	328,6
2	<i>Clustering Nearest Neighbor</i>	51	1651.98	1425,12	227,1
3	<i>Clustering Furthest Neighbor</i>	43	1566.68	1339,6	227,1

TABEL II

PERBANDINGAN TOTAL BIAYA TRANSPORTASI DENGAN METODE *CLUSTERING* DAN SISTEM RAYON

No	Metode	Total Biaya	Penurunan	Persentase Penurunan
1	Sistem Rayon	Rp661.227		
2	<i>Nearest Neighbor</i>	Rp594.635	Rp66.529	10,07%
3	<i>Furthest Neighbor</i>	Rp571.722	Rp89.505	13,54%

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan tujuan penelitian dan hasil pengolahan data, maka kesimpulan dari penelitian ini adalah dengan menggunakan data penjualan PT. XYZ pada bulan Januari 2017, jumlah *cluster* yang terbentuk dengan menggunakan metode *clustering nearest neighbor* adalah tujuh *cluster* dan jumlah *cluster* yang terbentuk dengan menggunakan metode *clustering furthest neighbor* adalah dua *cluster*.

Metode *clustering* memiliki pengaruh yang positif dalam algoritme penentuan moda dan rute. Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa dengan menggunakan metode *clustering nearest neighbor*, jumlah rute, dan jumlah total kendaraan yang digunakan menurun dibandingkan dengan sistem rayon. Walaupun total jarak tempuh meningkat, hasil yang diberikan lebih baik ketika menggunakan metode *clustering*. Metode *furthest neighbor* memberikan hasil yang paling baik dengan jumlah rute, total jarak tempuh, dan jumlah kendaraan yang digunakan menurun dibandingkan sistem rayon.

Total biaya transportasi di PT XYZ pada bulan Januari 2017 dengan menggunakan sistem rayon sebesar Rp661.227. Total biaya transportasi dengan menggunakan metode *clustering nearest neighbor* sebesar Rp594.635, dengan penurunan total biaya transportasi sebesar Rp66.529 atau 10,07%. Total biaya transportasi dengan menggunakan metode *clustering furthest neighbor* sebesar Rp 571.722, dengan penurunan total biaya transportasi sebesar Rp 89.505 atau 13,54%.

Saran yang diberikan kepada perusahaan dan penelitian selanjutnya adalah sistem rayon yang digunakan oleh perusahaan sebaiknya diganti dengan menggunakan metode *clustering furthest neighbor* karena dapat memperkecil total jarak tempuh, jumlah kendaraan yang digunakan, dan total biaya transportasi yang dikeluarkan oleh perusahaan

Metode *clustering* dan penentuan moda dan rute pada penelitian ini dilakukan secara terpisah dan bertahap, sehingga diharapkan pada penelitian selanjutnya, metode *clustering* dan penentuan moda serta rute dapat dilakukan secara simultan dengan menggunakan program agar memberikan hasil yang optimum

Penelitian ini dilakukan tanpa memperhitungkan kemacetan yang ada selama perjalanan, sehingga diharapkan penelitian

selanjutnya dapat dilakukan dengan memperhitungkan kemacetan aktual yang terjadi selama perjalanan.

Pada penelitian ini bahan bakar untuk setiap jenis kendaraan diasumsikan, sehingga penelitian selanjutnya dapat memperhitungkan konsumsi bahan bakar aktual setiap jenis kendaraan.

DAFTAR REFERENSI

- [1] Liliani. "Perumusan Algoritme Penentuan Moda dan Rute Pengiriman Untuk Meminimasi Biaya Distribusi/Transportasi (Studi Kasus: PT XYZ)," Tugas Akhir, Jurusan Teknik Industri ITHB - Bandung, 2017.
- [2] B. R. Marpaung. "Studi Pengaruh Proses *Clustering* Dalam Penentuan Rute Transportasi Model *Vehicle Routing Problem* (VRP) pada Metode RESPONSE™ CRIA," Institut Teknologi Bandung, 2017.
- [3] D. T. Wiyanti, D. T. "Algoritme Optimasi Untuk Penyelesaian *Travelling Salesman Problem*," *Jurnal Transformatika*, Volume 11, No. 1, pp. 1-6, 2013.
- [4] L. M. D. A. Cipta Hasibuan. "Pencarian Rute Terbaik Pada *Travelling Salesman Problem* (TSP) Menggunakan Algoritme Genetika Pada Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Pekanbaru," *SATIN - Sains dan Teknologi Informasi*, Vol. 1, No. 1., 2015.
- [5] Iskandar. "Model Optimasi *Vehicle Routing Problem* dan Implementasinya," Institut Pertanian Bogor, 2010.
- [6] A. D. Kesuma. "Penerapan Algoritme *Greedy* Untuk Menentukan Penjadwalan Kelas Gedung Labtek V," Institut Teknologi Bandung , 2013.
- [7] I. K. A. Maximillian Herli. "Sistem Pencarian Hotel Berdasarkan Rute Perjalanan Terpendek Dengan Mempertimbangkan Daya Tarik Wisata Menggunakan Algoritme *Greedy*," *Journal of Information Systems Engineering and Business Intelligence*, Vol. 1, No. 1, pp. 9-15, 2015.
- [8] G. A. Nyoman Sutapa. "Studi Tentang *Travelling Salesman* dan *Vehicle Routing Problem* dengan *Time Windows*," *Jurnal Teknik Industri*, pp. 81-89, 2003.
- [9] A. Fadliana. "Penerapan Metode *Agglomerative Hierarchical Clustering* Untuk Klasifikasi Kabupaten/Kota di Provinsi Jawa Timur Berdasarkan Kualitas Pelayanan Keluarga Berencana," Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, 2015.

Sonna Kristina, menerima gelar sarjana teknik dari Universitas Kristen Maranatha jurusan Teknik Industri pada tahun 2003 dan gelar magister teknik dari Institut Teknologi Bandung pada tahun 2009. Saat ini aktif sebagai pengajar tetap di Departemen Teknik Industri Institut Teknologi Harapan Bangsa.

Wasingten, menyelesaikan Sarjana Strata 1 (S1) di Jurusan Teknik Industri, Institut Teknologi Harapan Bangsa pada tahun 2018.